



高职高专“十一五”规划教材

橡胶通用工艺

▶ 聂恒凯 主编
徐志和 韦帮风 主审

 化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

橡胶通用工艺

聂恒凯 主编

徐志和 韦帮风 主审



化学工业出版社

·北京·

橡胶通用工艺主要介绍橡胶配合的基本知识、基本理论、生产配方有关计算和配方成本的基本核算方法等；橡胶的塑炼原理、工艺方法、影响塑炼的基本因素、通用橡胶的塑炼特性和塑炼常见质量问题与解决办法；橡胶混炼原理、橡胶配料的基本要求、混炼工艺方法、工艺条件、影响混炼效果的因素以及混炼胶质量检测的方法等；橡胶压延工艺原理、工艺方法、工艺条件、常用橡胶的压延特性以及压延常见质量问题和解决办法；橡胶压出原理、压出膨胀现象、压出口型设计原则和设计方法、压出工艺流程和工艺条件、常用橡胶的压出特点以及压出常见的质量问题及解决措施等；橡胶的硫化原理、硫化条件确定方法、硫化介质的选用、硫化工艺过程和影响硫化胶质量的因素，常见硫化胶质量问题及解决办法等。

本教材除作为高职高专高分子材料类专业教材外，还可以作为企业工人职业技能培训与职业资格鉴定教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

橡胶通用工艺/聂恒凯主编. 北京: 化学工业出版社, 2009.2

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-04426-6

I. 橡… II. 聂… III. 橡胶加工-工艺学-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ330.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 203659 号

责任编辑: 于 卉

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 于 兵

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 182 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

高职高专高分子材料加工技术专业规划教材 编审委员会

顾问 陶国良

主任委员 王荣成

副主任委员 陈滨楠 陈炳和 金万祥 冉新成

王慧桂 杨宗伟 周大农

委员 (按姓氏汉语拼音排序)

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 卜建新 | 蔡广新 | 陈滨楠 | 陈炳和 | 陈改荣 | 陈华堂 |
| 陈健 | 陈庆文 | 丛后罗 | 戴伟民 | 邱九生 | 付建伟 |
| 高朝祥 | 郭建民 | 侯文顺 | 侯亚合 | 胡芳 | 金万祥 |
| 孔萍 | 李光荣 | 李建钢 | 李跃文 | 刘巨源 | 刘青山 |
| 刘琼琼 | 刘少波 | 刘希春 | 罗成杰 | 罗承友 | 麻丽华 |
| 聂恒凯 | 潘文群 | 潘玉琴 | 庞思勤 | 戚亚光 | 桑永 |
| 王国志 | 王红春 | 王慧桂 | 王加龙 | 王玫瑰 | 王荣成 |
| 王艳秋 | 王颖 | 王玉溪 | 王祖俊 | 翁国文 | 吴清鹤 |
| 肖由炜 | 谢晖 | 徐应林 | 薛叙明 | 严义章 | 杨印安 |
| 杨中文 | 张芳 | 张金兴 | 张晓黎 | 张岩梅 | 张裕玲 |
| 张治平 | 赵继永 | 郑家房 | 郑式光 | 周大农 | 周健 |
| 周四六 | 朱卫华 | 朱雯 | 朱信明 | 邹一明 | |

前 言

本书按照教育部对高职高专人才培养指导意见，在广泛汲取近几年高职高专人才培养的经验基础上，根据2008年5月所制订的《橡胶通用工艺》编写大纲编写而成的。

本书共分为六章，第一章主要介绍橡胶配合有关知识，第二章主要介绍橡胶混炼的基本原理、基本工艺，第三章主要介绍橡胶的混炼理论和混炼工艺，第四章主要介绍橡胶的压延工艺原理与工艺方法，第五章主要介绍橡胶的挤出工艺，第六章主要介绍橡胶的硫化工艺。

根据高职高专高分子材料类橡胶专业人才培养目标，本书在编写上力求做到从实际出发，以提高学生动手能力为主，能够反映现代橡胶工业的发展水平和发展方向，内容安排力求体现高职教育的特色，以必需够用为原则，每章前有学习目的与要求，章节后有思考题，希望通过本课程的学习，学生能够掌握橡胶加工的基本原理、基本工艺条件和工艺方法，能及时处理工艺带来的质量问题，从而有效地培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书绪论、第一章~第三章由徐州工业职业技术学院聂恒凯和翁国文编写，第四章~第六章由徐州工业职业技术学院侯亚合编写，全书由聂恒凯主编并统稿，徐工轮胎有限公司高级工程师徐志和、韦帮风主审。

参加审稿的还有朱信明、杨宗伟、邹一明等，在此致以衷心的感谢！本教材除作为高职高专高分子材料类专业教材外，还可以作为企业工人职业技能培训教材。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请使用本书的师生和读者给予批评指正。

编者

2009年1月

目 录

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 绪论 | 1 |
| 一、橡胶在国民经济中的地位 | 1 |
| 二、橡胶工业发展史 | 1 |
| 三、中国橡胶工业的现状 | 2 |
| 四、橡胶制品生产的基本工艺过程 | 3 |
| 五、学习本课程的要求与学习方法 | 3 |
| 第一章 橡胶配方基础 | 4 |
| 第一节 橡胶配方知识 | 4 |
| 一、配方概念 | 4 |
| 二、配方的形式 | 4 |
| 第二节 配方的换算与成本核算 | 7 |
| 一、配方的表示形式 | 7 |
| 二、配方的有关计算 | 9 |
| 思考题 | 11 |
| 第二章 塑炼 | 13 |
| 第一节 生胶塑炼的意义和可塑性测试方法 | 13 |
| 一、生胶塑炼的意义 | 13 |
| 二、可塑性测试方法 | 14 |
| 第二节 塑炼机理 | 15 |
| 一、影响橡胶分子链断裂的因素 | 15 |
| 二、塑炼反应机理 | 18 |
| 第三节 塑炼工艺方法及影响因素 | 18 |
| 一、塑炼的准备工艺 | 19 |
| 二、生胶塑炼方法 | 20 |
| 三、生胶的造粒 | 27 |
| 第四节 常用橡胶的塑炼特性 | 27 |
| 第五节 塑炼胶质量问题及改进 | 31 |
| 思考题 | 32 |
| 第三章 混炼 | 33 |
| 第一节 混炼的基本原理 | 33 |
| 一、混炼胶的结构 | 33 |
| 二、分散程度对胶料性能的影响和表面活性剂的作用 | 34 |
| 三、混炼过程 | 35 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 四、结合橡胶的作用 | 36 |
| 第二节 混炼前配合剂的加工和准备 | 37 |
| 一、粉碎、干燥、筛选 | 37 |
| 二、软化剂的预热和过滤 | 37 |
| 三、母炼胶和膏剂的制备 | 38 |
| 四、称量与配合 | 38 |
| 第三节 混炼工艺方法 | 39 |
| 一、开炼机混炼 | 39 |
| 二、密炼机混炼 | 43 |
| 三、连续混炼 | 48 |
| 四、胶料混炼后的补充加工 | 50 |
| 第四节 常用橡胶的混炼特性 | 51 |
| 第五节 混炼胶质量及快检方法 | 53 |
| 一、混炼胶料的快检项目 | 53 |
| 二、混炼胶硫化特性测定 | 54 |
| 三、混炼胶质量问题及处理方法 | 56 |
| 思考题 | 57 |
| 第四章 压延 | 58 |
| 第一节 压延的基本原理 | 58 |
| 一、胶料在辊筒缝隙中的受力及流动状态 | 58 |
| 二、压延中胶料黏度与切变速率和温度的依赖关系 | 60 |
| 三、胶料压延后的收缩 | 61 |
| 四、压延效应 | 62 |
| 第二节 压延工艺方法及工艺条件 | 62 |
| 一、压延前的准备工艺 | 62 |
| 二、胶片的压延 | 65 |
| 三、纺织物挂胶 | 67 |
| 四、钢丝帘布的压延 | 71 |
| 第三节 常用橡胶的压延特性 | 72 |
| 第四节 压延工艺的质量问题及改进 | 74 |
| 思考题 | 75 |
| 第五章 压出 | 76 |
| 第一节 压出的基本原理 | 76 |
| 一、压出机的基本结构与压出工艺的关系 | 76 |
| 二、胶料在压出过程中的运动状态 | 77 |
| 三、压出变形 | 79 |
| 第二节 口型设计 | 81 |
| 一、口型设计的原则 | 81 |
| 二、口型设计的方法 | 82 |

| | | |
|-------------|--------------------|------------|
| 第三节 | 压出工艺方法及工艺条件 | 84 |
| 一、 | 压出前胶料的准备 | 84 |
| 二、 | 压出工艺方法 | 85 |
| 三、 | 压出后的工艺 | 87 |
| 第四节 | 常用橡胶的压出特性 | 88 |
| 第五节 | 压出工艺质量问题及改进 | 89 |
| 思考题 | | 90 |
| 第六章 | 硫化 | 91 |
| 第一节 | 硫化的基本理论 | 91 |
| 一、 | 橡胶的硫化历程 | 91 |
| 二、 | 正硫化及其测定方法 | 92 |
| 第二节 | 硫化工艺条件 | 96 |
| 一、 | 硫化温度 | 96 |
| 二、 | 硫化压力 | 97 |
| 三、 | 硫化时间 | 99 |
| 第三节 | 硫化介质和硫化工艺方法 | 105 |
| 一、 | 硫化介质 | 105 |
| 二、 | 硫化工艺方法 | 106 |
| 第四节 | 硫化工艺的质量问题及改进 | 111 |
| 思考题 | | 112 |
| 参考文献 | | 114 |

绪 论

一、橡胶在国民经济中的地位

橡胶是高弹性高分子化合物的总称。由于橡胶在室温上下很宽的温度范围内都具有优越的高弹性、很好的柔韧性，并且具有优异的耐疲劳性，很高的耐磨性、电绝缘性、气密性、耐水性；以及良好的耐介质性、耐腐蚀性、耐高低温性等特殊性能，因此成为重要的功能材料，广泛应用于轮胎、胶管、胶带、胶鞋、工业制品（减震制品、密封制品、化工耐腐蚀材料、绝缘材料、胶辊、胶布等）、日用品（橡皮筋、婴儿奶嘴、高压锅密封圈、冰箱密封胶条等），以及电线电缆等。这些产品被广泛地用于农业、工业、交通运输、能源电力、医疗卫生、文化体育、日常生活等领域。同时橡胶作为战略物资在国防军工、航空航天、航海等高科技领域占有重要地位。例如，一辆豪华轿车要用 100 多种，1000 多个橡胶部件，一架重型运输机要装配万件橡胶制品，一艘轮船需要装用橡胶制品多达几万件。据估计，目前世界橡胶制品的品种和规格总数可达到 10 多万种。2006 年世界生胶总消耗量为 2157.3 万吨，比 2005 年增加 2.7%。世界生胶消耗量增加的原因是以中国为中心的亚洲地区的生胶消耗量增长。特别是中国，开始超过 500 万吨，达到 531.5 万吨，同比增长 14.9%。除韩国和泰国外，其他亚洲国家和地区也顺利地增长。印度同比增长 5.6%，马来西亚同比增长 7.6%，中国台湾地区同比增长 2.6%，印度尼西亚同比增长 6.5%，其他亚洲地区同比增长 7.0%。日本消耗的生胶量为 203.4 万吨，同比增长 1.0%。其中，中国的生胶消耗量占全世界消耗量的 24.6%，而亚洲的生胶消耗量则占全世界消耗量的 53.7%。

随着中国汽车工业、制造业的快速发展和国外轮胎巨头在华投资的不断扩大，2007 年中国天然橡胶消耗量逾 200 万吨，而国内天然橡胶年产量仅 55 万吨，国内轮胎企业所需橡胶原料中 70% 的天然橡胶和 40% 的合成橡胶仍依赖进口。

橡胶工业是高分子材料应用技术工业的一个重要组成部分，在国民经济中占有极其重要的地位。

二、橡胶工业发展史

11 世纪，南美人就发现和利用橡胶，用天然胶乳做成游戏的球、套鞋、盛水器皿或载人橡皮舟等。直到哥伦布于 1493~1496 年发现美洲大陆，在海地发现当地居民玩橡胶球，将其带到欧洲，欧洲人才开始认识天然橡胶。1735 年法国科学家 Condamine 赴南美考察，详细记录当地人民利用橡胶的情况，并将样品寄回巴黎。

橡胶工业的研究起始于 19 世纪初。1823 年英国建立了第一个橡胶厂，制造雨衣，1826 年 Hancock 发现开炼机，为橡胶的加工奠定了基础。1839 年美国固特异（Goodyear）发现了硫黄硫化。1888 年英国人邓录普（J. Dunlop）发明了充气轮胎。1904 年发现某些金属氧化物（如氧化铅、氧化镁等）有促进硫化的作用。1906 年发现苯胺有促进硫化的作用。

1919年开始大量应用噻唑类促进剂。1920年炭黑作为橡胶补强剂被大量使用。

1914~1918年第一次世界大战期间德国生产了甲基橡胶。1932年苏联大规模生产了丁纳橡胶。20世纪30年代,德国合成了丁苯橡胶和丁腈橡胶。20世纪50年代中期,齐格勒(Ziegler)和纳塔(Natta)等创立了定向聚合法,从而生产了一代崭新的合成橡胶。20世纪60年代,合成橡胶的产量已超过了天然橡胶。20世纪70年代以来,进入了橡胶分子设计时期。

近年来,橡胶工业又出现了新的突破。液体橡胶、热塑性橡胶及粉末橡胶的开发和利用,为橡胶工业的发展开辟了崭新的远景。

我国的橡胶工业仅有90多年的历史,1917年在广州建立了第一个规模甚小的胶鞋工厂。随后,在上海、天津、青岛等地相继兴建了一些橡胶厂,早期以生产胶鞋为主,规模较小、技术落后、劳动条件恶劣、且所需原材料、设备甚至半成品都靠进口。

解放后,我国橡胶工业有了迅速发展。1950~1951年先后在海南岛、云南地区开辟了天然橡胶种植园。1982年全国植胶面积为453000m²,占世界第四位。

近几十年来,我国橡胶工业发生了根本性的变化。生胶、炭黑和其他原材料及橡胶机械设备基本上都能生产,并且不断提高技术水平,已形成了自己初具规模的橡胶工业体系。

同时,我们应该清醒地看到,我国的橡胶工业与世界先进水平相比还有很大差距。无论是人员素质,生产效率,产品品种、数量和质量,还是自动化、联动化水平,都远远不能与现代化建设的需要相适应。

三、中国橡胶工业的现状

2006年,中国橡胶工业在国民经济持续发展的大环境下,克服了橡胶等原材料价格高涨等困难,又取得了稳定、健康、快速地发展。全国橡胶实际消费量2006年达到450万吨,比上年的400万吨增长12.5%,连续6年居世界第一。

近几年中国橡胶消费量持续大幅度增长。轮胎是橡胶消费的主要产品,约占总消费量的60%以上;近几年轮胎工业保持了稳定、高速增长,特别是子午线轮胎年递增都在20%以上。其他大部分非轮胎产品也保持了10%以上的增长。橡胶工业主要产品结构不断优化,轮胎子午化率继续上升。输送带向强力型发展速度加快,2006年输送带产品中,化纤带、钢丝绳、PP和EP带、整芯带等高强度输送带的比例超过80%。V带产品中,线绳结构V带比例超过83%,接近国际先进水平;轮胎、胶带产品出口交货量逐年上升。

2006年,中国橡胶工业总的发展特点是又快又好,具体表现在:橡胶消耗稳定上升;所有橡胶产品比上年都有全面增长;产品结构继续优化,橡胶产品出口继续保持较大增长。

近几年,橡胶工业的持续、稳定发展,得益于以美国为首的世界经济和中国经济处在上升周期,特别是中国国民经济的持续发展是拉动橡胶工业发展的主要因素。具体拉动因素如下:

- (1) 汽车工业发展仍是拉动中国橡胶工业发展的主要动力。
- (2) 公路建设和公路运输继续稳定发展。
- (3) 与橡胶产业关系密切的煤炭工业、电力工业、建材工业、机械工业等仍处于稳定发展阶段,将继续拉动橡胶管带等产品的需求。
- (4) 外资和民营资本进一步投入轮胎等橡胶产业。
- (5) 轮胎等橡胶产品出口进一步增长。

四、橡胶制品生产的基本工艺过程

橡胶制品虽然种类繁多，但是所用原材料和制品生产工艺过程有很多共同之处。

要使生胶转变为具有特定性能、特定性状的橡胶制品，要经过一系列的复杂的加工过程。整个过程包括配合与加工。

不同的橡胶制品，加工工艺过程不同。对于一般橡胶，不论生产什么样的制品都必须经过炼胶和硫化两个加工过程。而对于大部分橡胶制品（如：轮胎、胶带）则要经过橡胶加工的全部工艺过程。橡胶的基本工艺过程包括生胶塑炼、混炼、压延、压出（挤出）、成型、硫化等基本工序。但是随着热塑性弹性体的发展和应用、橡塑并用和复合材料生产技术的发展，将有可能采用能耗低、费用少的塑料加工方法来生产橡胶制品，这将大大简化橡胶制品的传统生产工艺，使橡胶制品加工工艺产生重大变革。

五、学习本课程的要求与学习方法

“橡胶加工工艺”是研究橡胶制品的配合及加工原理、加工方法的一门实用科学。通过本课程的学习，学生应能系统掌握橡胶加工过程的基本原理、工艺条件与工艺方法，使学生具有初步的工艺规程制定能力。

本课程的内容与生产实际密切相连。因此，教学方法除课堂教学外，要辅以必要的现场教学，并安排一定数量的习题课和课外作业。提倡在教师指导下的自主学习，运用对比法、案例分析法或者是项目引导、任务驱动的教学方式组织教学。不断提高学生理论联系实际能力和动手能力，提高分析问题解决问题能力，圆满完成本课程的教学任务。

第一章

橡胶配方基础

学习目标

本章主要讲解橡胶配方有关基本概念、配方换算和成本核算等有关知识，给予学生工程概念。通过学习要求学生注意各种配方之间的关系，从而能够掌握配方的基本知识和基本概念、理解一个完整配方应包含的内容，学会分析配方的合理性，能够从工程的角度进行生产配方有关计算，产品成本核算，达到学以致用目的。

第一节 橡胶配方知识

一、配方概念

橡胶配方是反映胶料中各种材料（橡胶和配合剂）种类、规格、配比（用量）的方子（方案、表）。随着科学技术的不断发展，对于橡胶制品的性能要求也不断提高，目前的橡胶配方中除了已有的硫化体系，补强、填充体系，防护体系以及软化增塑体系外，为了赋予胶料特殊的性能，还经常使用一些特殊用途的助剂，例如防焦剂、塑解剂、分散剂、增容剂、硬化剂、增黏剂、防粘剂、润滑剂、脱模剂、消泡剂、增量剂、抗静电剂、阻燃剂、芳香剂、除臭剂、改性剂、均化剂、发泡剂、发泡助剂、着色剂等，因此配方设计现已发展到如下组分：①主体材料（天然橡胶、合成橡胶、橡胶与树脂共混物等）；②硫化体系；③补强、填充体系；④防护体系；⑤加工工艺、操作体系；⑥特殊性能体系。此外有时为了便于配方的管理和使用，可注明配方胶料名称、配方胶料用途、配方胶料代号、配方胶料性能参数、配方胶料主要工艺方法和工艺条件等。作为配方的核心来说是配方中材料种类、材料规格、材料配比。

配方设计就是根据产品的性能要求和工艺条件，通过试验、优化、鉴定，合理地选用原材料，确定各种原材料的用量配比关系的过程。

二、配方的形式

橡胶配方按用途可分基础配方、性能配方、实用配方三种。

1. 基础配方

基础配方又称标准配方，一般是以生胶和配合剂的鉴定为目的。当某种橡胶和配合剂首次面世时，以此检验其基本的加工性能和物理性能。其设计的原则是采用传统的配合量，以便对比；配方应尽可能的简化，重现性较好。基础配方仅包括最基本的组分，由这些基本的组分组成的胶料，既可反映出胶料的基本工艺性能，又可反映硫化胶的基本物理性能。可以

说, 这些基本组分是缺一不可的。在基础配方的基础上, 再逐步完善、优化, 以获得具有某些特性要求的性能配方。不同部门的基础配方往往不同, 但同一胶种的基础配方基本上大同小异。

天然橡胶 (NR)、异戊橡胶 (IR) 和氯丁橡胶 (CR) 可用不加补强剂的纯胶配合, 而一般合成橡胶的纯胶配合, 其物理机械性能太差而无实用性, 所以要添加补强剂。目前较有代表性的基础配方实例是以 ASTM (美国材料试验协会) 作为标准提出的各类橡胶的基础配方。硅橡胶配方一般应包括补强剂 (白炭黑)、结构控制剂。硫化剂的用量可根据填料用量而变化。硫化剂多用易分散的浓度为 50% 的膏状物。

在设计基础配方时, ASTM 规定的标准配方和合成橡胶厂提出的基础配方是很有参考价值的。基础配方最好是根据本单位的具体情况拟定, 以本单位积累的经验数据为基础。还应该注意分析同类产品和类似产品现行生产中所用配方的优缺点, 同时也要考虑到新产品生产过程中和配方改进中新技术的应用。

2. 性能配方

又称技术配方。为达到某种性能要求而设计的配方, 其目的是为了满足不同产品的性能要求和工艺要求, 提高某种特性等。性能配方应在基础配方的基础上全面考虑各种性能的搭配, 以满足制品使用条件的要求为准。通常研制产品时所作的试验配方就是性能配方, 是配方设计者用得最多的一种配方。

3. 实用配方

又称生产配方。为制造某一具体制品及满足具体生产工艺而设计的配方。

在试验室条件下研制的配方, 其试验结果并不是最终的结果, 往往在投入生产时会产生一些工艺上的困难, 如焦烧时间短、压出性能不好、压延粘辊等, 这就需要在不改变基本性能的条件下, 进一步调整配方。在某些情况下不得不采取稍稍降低物理性能和使用性能的方法来调整工艺性能, 也就是说在物理性能、使用性能和工艺性能之间进行折衷。胶料的工艺性能, 虽然是个重要的因素, 但并不是绝对的唯一的因素, 往往由技术发展条件所决定。生产工艺和生产装备技术的不断完善, 会扩大胶料的适应性, 例如准确的温度控制以及自动化连续生产过程的建立, 就使我们有可能对以前认为工艺性能不理想的胶料进行加工了。但是无论如何, 在研究和应用某一配方时, 必须要考虑到具体的生产条件和现行的工艺要求。换言之, 配方设计者不仅要负责成品的质量, 同时也要充分考虑到现有条件下, 配方在各个生产工序中的适用性。

实用配方即是在前两种配方 (基本配方、性能配方) 试验的基础上, 结合实际生产条件所作的实用投产配方。实用配方要全面考虑使用性能、工艺性能、体积成本、设备条件等因素, 最后选出的实用配方应能够满足工业化生产条件, 使产品的性能、成本、长期连续工业化生产工艺达到最佳的平衡。

案例分析 (分析配方)

内容: 分析下列配方存在哪些缺点? 说明各体系组成。

安排: 列出几种实用配方案例, 每组一个配方进行分析, 各组轮流 (所有案例进行总轮流) 一人进行发言探讨, 其他同学补充, 教师最后总结 [体系全面 (特别是主体材料、硫化体系等)、用量正常合理、配色正确]。

(1) 轿车子午线轮胎胎面胶

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|------------|----------|---------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 炭黑 N220 | 48 |
| 氧化锌 | 4 | 促进剂 MDB | 1.5 |
| 硬脂酸 | 2 | 硫黄 | 1.5 |
| 防老剂 RD | 1 | 均匀剂 | 3 |
| 防老剂 4010NA | 1.5 | 合计 | 164.5 |
| 石蜡 | 2 | | |

(2) 子午线轮胎胎侧胶

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|------|----------|--------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 环烷油 | 5 |
| 氧化锌 | 35 | 促进剂 CZ | 0.4 |
| 硬脂酸 | 2 | 硫黄 | 3.5 |
| 混合蜡 | 5 | 合计 | 185.9 |
| 白炭黑 | 35 | | |

(3) 子午线轮胎带束层胶

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|----------|----------|---------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 炭黑 N660 | 20 |
| 氧化锌 | 10 | 炭黑 N774 | 20 |
| 硬脂酸 | 1.5 | 芳烃油/松焦油 | 5 |
| 防老剂 4020 | 1 | 硫黄 | 2.6 |
| 防老剂 RD | 1 | 合计 | 161.1 |

(4) 油皮层胶配方

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|-------|----------|--------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 松香 | 1 |
| 防老剂 A | 1 | 促进剂 M | 0.3 |
| 防老剂 D | 1.5 | 促进剂 DM | 0.4 |
| 轻质碳酸钙 | 30 | 硫黄 | 2 |
| 陶土 | 35 | 合计 | 178.2 |
| 三线油 | 7 | | |

(5) 布胶鞋黑大底配方

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|-------|----------|--------|----------|
| 天然橡胶 | 50 | 促进剂 DM | 1.9 |
| 丁苯橡胶 | 15 | 促进剂 D | 0.6 |
| 顺丁橡胶 | 35 | 硬脂酸 | 3 |
| 再生橡胶 | 40 | 高耐磨炭黑 | 70 |
| 硫黄 | 2 | 陶土 | 15 |
| 氧化锌 | 5 | 轻质碳酸钙 | 5 |
| 促进剂 M | 1.2 | 合计 | 333.7 |

(6) 草绿色围条配方

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|------|----------|--------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 促进剂 M | 0.65 |
| 硫黄 | 2.1 | 促进剂 DM | 0.8 |
| 氧化锌 | 4 | 促进剂 D | 0.55 |

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|-------|----------|-------|----------|
| 硬脂酸 | 1.5 | 柠檬黄 | 1.95 |
| 高耐磨炭黑 | 0.1 | 轻质碳酸钙 | 110.47 |
| 中铬黄 | 0.1 | 合计 | 222.22 |

(7) 耐油密封圈配方

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|---------|----------|--------|----------|
| 丁腈橡胶-26 | 100 | 机油 | 15 |
| 氧化锌 | 5 | BPO | 2 |
| 硬脂酸 | 1 | 促进剂 DM | 1.25 |
| 防老剂 D | 1 | 促进剂 D | 0.25 |
| 喷雾炭黑 | 50 | 硫黄 | 2 |
| 轻质碳酸钙 | 60 | 合计 | 239.5 |
| 古马隆树脂 | 2 | | |

(8) 食品胶管内层胶

| 原材料 | 基本配方/质量份 | 原材料 | 基本配方/质量份 |
|---------|----------|--------|----------|
| 天然橡胶 | 100 | 药用碳酸钙 | 73.3 |
| 氧化锌 | 10 | 白凡士林 | 5.5 |
| 硬脂酸 | 1.8 | 促进剂 DM | 1.8 |
| 防老剂 264 | 1.5 | 硫黄 | 0.3 |
| 防老剂 MB | 1 | 合计 | 196.6 |
| 微晶蜡 | 1.4 | | |

第二节 配方的换算与成本核算

一、配方的表示形式

橡胶配方简单地说,就是一份表示生胶、聚合物和各种配合剂用量的配比表。但生产配方则包含更详细的内容,其中包括:胶料的名称及代号、胶料的用途、生胶及各种配合剂的用量、含胶率、相对密度、成本、胶料的工艺性能和硫化胶的物理性能等。

同一个橡胶配方,根据不同的需要、单位等可以用4种不同的形式来表示。即基本配方、质量分数(质量百分比)配方、体积分数(体积百分比)配方和生产配方,见表1-1。

表 1-1 橡胶配方的表示形式

| 原材料名称 | 基本配方/质量份 | 质量分数配方/% | 体积分数配方/% | 生产配方/kg |
|-------|----------|----------|----------|---------|
| NR | 100 | 62.20 | 76.70 | 50.0 |
| 硫黄 | 3 | 1.86 | 1.03 | 1.5 |
| 促进剂 M | 1 | 0.60 | 0.50 | 0.5 |
| 氧化锌 | 5 | 23.10 | 0.63 | 2.5 |
| 硬脂酸 | 2 | 1.24 | 1.54 | 1.0 |
| 炭黑 | 50 | 31.00 | 19.60 | 25.0 |
| 合计 | 161 | 100.00 | 100.00 | 80.50 |

(1) 基本配方

以质量份来表示的配方,其中规定生胶的总质量份为100份,其他配合剂用量都以相应

的质量份数表示, 这种配方称为基本配方。这是最常见的一种配方形式, 用于配方设计、配方研究和实验室等。

(2) 质量分数配方

以质量分数(质量百分比)来表示的配方, 即以胶料总质量为 100%, 生胶及各种配合剂都以质量分数(质量百分比)来表示。

这种配方可以直接从基本配方导出。

质量百分比配方是以基本配方的总质量为 100%, 然后求出生胶及各种配合剂所占总质量的百分数。即:

$$\text{生胶和各种配合剂的质量百分数} = \frac{\text{生胶和各种配合剂的质量份数}}{\text{胶料总质量份数}} \times 100\%$$

(3) 体积分数配方

以体积分数(体积百分比)来表示的配方, 即以胶料的总体积为 100%, 生胶及各种配合剂都以体积分数(体积百分比)来表示。

这种配方也可从基本配方导出, 其算法是将基本配方中生胶及各种配合剂的质量份数分别除以各自的密度, 求出它们的体积份数, 然后以胶料的总体积为 100%, 分别求出它们的体积分数(体积百分比)。

$$\text{生胶和各种配合剂的体积份数} = \frac{\text{生胶和各种配合剂的质量份数}}{\text{生胶和各种配合剂的密度}}$$

$$\text{生胶和各种配合剂的体积百分比数} = \frac{\text{生胶和各种配合剂的体积份数}}{\text{胶料总体积份数}} \times 100\%$$

体积分数配方计算示例见表 1-2。

表 1-2 配方计算示例

| 原材料名称 | 基本配方/质量份 | 相对密度 | 体积份 | 体积分数/% |
|-------|----------|------|--------|--------|
| NR | 100 | 0.92 | 108.70 | 76.70 |
| 硫黄 | 3 | 2.05 | 1.46 | 1.03 |
| 促进剂 M | 1 | 1.42 | 0.70 | 0.50 |
| 氧化锌 | 5 | 5.57 | 0.90 | 0.63 |
| 硬脂酸 | 2 | 0.92 | 2.18 | 1.54 |
| 炭黑 | 50 | 1.80 | 27.78 | 19.60 |
| 合计 | 161 | — | 141.72 | 100.00 |

注: 体积分数配方常用于按体积计算成本。

(4) 生产配方

符合生产使用要求的质量配方, 称为生产配方。生产配方的总质量常等于炼胶机的容量, 各种炼胶机的容量可依据有关公式进行计算或按实际生产情况进行统计。

例如使用开炼机混炼时, 炼胶的容量 Q , 用下列经验公式计算:

$$Q = DL\gamma k \quad (1-1)$$

式中 Q ——炼胶机装胶量, kg;

D ——辊筒直径, cm;

L ——辊筒长度, cm;

γ ——胶料相对密度;

k ——系数 (0.0065~0.0085)。

常用开炼机规格型号如表 1-3 所示。

表 1-3 常用开炼机的基本参数

| 型 号 | XK-250 | XK-300 | XK-360 | X(S)K-400A | X(S)K-450A | X(S)K-560 |
|----------------|----------|----------|----------|------------|------------|-----------|
| 辊筒工作直径/mm | 250 | 300 | 360 | 400 | 450 | 560 |
| 辊筒工作长度/mm | 620 | 750 | 900 | 1000 | 1200 | 1530 |
| 前辊筒线速度/(m/min) | 14.4 | 15.1 | 16.25 | 18.65 | 24.5 | 29.09 |
| 前后辊筒速比/(m/min) | 1 : 1.17 | 1 : 1.27 | 1 : 1.25 | 1 : 1.27 | 1 : 1.27 | 1 : 1.2 |
| 最大辊距/mm | 8 | 8 | 10 | 10 | 15 | 20 |
| 一次加料量/kg | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 18~35 | 25~50 | 50~65 |
| 驱动电机功率/kW | 18.5 | 22 | 30 | 37 | 55 | 75 |

【例】根据实训中心现有开炼机 XK-160(6 吋)、XK-250(10 吋)、XK-360(14 吋)、XK-400(16 吋)，分组分别计算炼胶容量各有多少？

密炼机装胶容量 Q ，可用下列经验公式计算。

$$Q = k\gamma V \quad (1-2)$$

式中 γ ——胶料相对密度；

k ——系数 (0.65~0.85)；

V ——密炼机容积。

从基本配方转换成生产配方可用下列公式计算：

$$\text{生产配方} = \text{基本配方} \times \text{换算系数 } \alpha$$

用换算系数 α 乘以基本配方中各组分的质量份，即可得到生产配方中各组分的实际用量。

Q 除以基本配方总质量即得换算系数 α ：

$$\alpha = \frac{Q}{\text{基本配方总质量}}$$

例如表 1-1 中生产配方的总质量为（即装胶量 Q ）为 80.5kg，基本配方总质量为 161g，则

$$\text{换算系数 } \alpha = \frac{80.5 \times 1000}{161} = 500$$

天然橡胶的实际用量 = $0.1 \times 500 = 50$ (kg)，其他组分的实际用量也依此类推。

二、配方的有关计算

1. 母炼胶形式的配方换算

生产中有些配合剂为了便于称量、加入、减少损耗减少飞扬、配方保密等常以母炼胶形式存在，对此相应配方中以母炼胶出现，因而则配方计算存在相应转换。其相应转换方式有二种。

方法 1：将基本配方转化成母炼胶形式的基本配方再转化为生产配方。注意在转化为母炼胶基本配方时要扣除母胶中其余配合剂的用量不能重复计算。

方法 2：将基本配方转化生产配方（暂不考虑母胶），再转化母炼胶的生产配方。同样注意扣除母炼胶配方中各组分的质量。

在实际生产中，有些配合剂往往以母炼胶或膏剂的形式进行混炼，因此使用母炼胶或膏剂的配方应进行换算。例如现有如下基本配方：